

氏 名	小 島 浩 司		
学 位 の 種 類	博 士 (理 学)		
学 位 記 番 号	第 4631 号		
学位授与年月日	平成 17 年 3 月 24 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当者		
学 位 論 文 名	GRAPES-3 ミュオン望遠鏡による宇宙線恒星時異方性の研究 (Study of Cosmic Ray Sidereal Anisotropy with GRAPES-3 Muon Telescopes)		
論文審査委員	主 査 教 授 川 上 三 郎	副主査 教 授 神 田 展 行	
	副主査 助教授 林 嘉 夫	副主査 教 授 宗 像 一 起	
		(信 州 大 学)	

### 論 文 内 容 の 要 旨

地球に入射する宇宙線には入射方向別の強度の非等方分布が存在する。この非等方分布を宇宙線の異方性と呼ぶ。異方性は基準とする座標系により恒星時異方性と太陽時異方性に分類される。これらの異方性は地上では宇宙線強度の日周変動として観測され、それぞれ恒星時日変化、太陽時日変化と呼ばれている。その中の恒星時異方性には銀河系空間の宇宙線の伝播を反映する部分(真正恒星時異方性)が存在していると考えられる。この真正恒星時異方性による恒星時日変化は非常に微小な強度変動である。それに加え、1 次エネルギーが 1 TeV より小さい領域の宇宙線にはかなり大きな太陽時日変化(太陽圏内電磁場の変動の影響を受ける)も存在する。このような観測条件中で微小な恒星時日変化を高精度に観測するには、統計精度が高くかつ長期間安定して稼動する大規模な観測装置が必要である。また、恒星時異方性の南北方向の広がりを 3 次元的に観測するには、宇宙線の入射方向分解能に優れた観測装置をなるべく低緯度の場所に設置する必要もある。我々は、前述したような要件を満たす観測装置として、インド Ooty (東経 76.7 度、北緯 11.4 度、標高 2230m) において超大型ミュオン望遠鏡を設置した。この望遠鏡は大空気シャワー観測ステーション GRAPES 3 を構成するミュオン成分の検出装置である。この装置の内容は 35 m<sup>2</sup>の面積のモジュール 16 個から成り、計 560 m<sup>2</sup>の有効観測面積で、約 ±12 度の入射方向分解能を有する。この望遠鏡の 2000 年～2002 年の観測データの解析により次のような結果が得られた。

- 1) 現時点では真正恒星時異方性の要因としては、1998 年に長島らが示した Tail-IN 型(移動する太陽圏の Tail 方向からの流れ込み) + Loss-cone 型(太陽圏周辺の銀河磁場とのピッチ角分布による)のモデルが広く受け入れられている。しかし、解析を行った 3 年間のデータには異方性のうちの Loss-cone 型と考えられる部分が見られない。
- 2) Loss cone 型が見られない要因としては、本研究の観測期間が太陽活動の極大期に相当し、そのために太陽圏外部にその起源を持つ Loss-cone 型異方性が乱されてしまっていると考えられる。
- 3) 太陽活動の活動期が極大期に関らず、Loss cone 型に比べ比較的低エネルギーの宇宙線が影響を受ける Tail-IN 型異方性が現れている要因としては、Tail-IN 型異方性を形成する太陽圏の Nose 側と Tail 側の構造の差異が太陽圏のかなり内側にまで及んでいることが示唆される。

### 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は ~10<sup>11</sup>eV のエネルギー領域の一次銀河宇宙線強度の異方性を測定する事により、太陽圏周辺の星間空間から太陽圏内に至る空間の磁場構造を解明する事を目的とする。このエネルギー領域では真正恒星時異方

性の振幅は 0.02 ~ 0.04% 程度と極端に小さい事が予想されるので、その研究には格段の工夫が必要とされる。

GRAPES 3 ミュオン望遠鏡は互いに独立な 16 台のユニットで構成されていて、各々が独立な測定値と見なせるので、単独の観測装置の場合には非常に困難な測定誤差の評価が容易に行える。また、従来の大型観測装置の約 16 倍の世界最高の観測面積を有し、統計精度においても格段に優れている。装置周辺の気圧や気温などの環境変動が小さく、安定な測定器を用いているので長期連続観測が可能である。

データの解析方法としては、東入射の宇宙線強度から西入射の強度を引く事により両者に共通に含まれている種々の変動（気圧、気温、装置に固有な特性など）をキャンセルさせる方法を採用し、最終的な誤差として概ね ~ 0.01% の精度を達成する事が出来た。この結果、2000 年から 2002 年にかけて行った 3 年間の観測の結果、赤経 6 時の方向に ~ 0.04% の振幅を持つ真正恒星時異方性を観測する事が出来た。

真正恒星時異方性の原因については、これまでに「拡散ガンマ線モデル」、「局所銀河磁場モデル」等があるが、長島・藤本等は 20 年間の異方性観測の結果として、恒星時 6 時の超過と 12 時の欠損を得て「Tail-in Loss cone モデル」を提唱した。本論文は、慎重な解析の結果、Tail-in と見られる異方性を観測することが出来たが、12 時の欠損は観測されなかった。この原因としては、丁度活動期にあった太陽活動による影響が大きいと考えられる。測定器の統計精度が高いため、数年間の観測データから真正恒星時異方性を観測し、太陽活動との相関を議論することが出来る。太陽活動による磁場構造の変動にもかかわらず、銀河内での太陽圏の進行方向(Nose)とその反対側(Tail)との磁気圏の構造の差異による Tail in 異方性が観測されたのであれば、その異方性がこれまで考えられていた以上に太陽圏内部にまで及んでいることが結論される。

以上の結果により、本論文で太陽圏周辺の磁場構造の差異とその規模について新しい知見を得る事が出来た。従って本論文は博士（理学）の学位に値すると審査した。